Art et informatique

par le Groupe Art et Informatique de Vincennes
Université Paris VIII

Pourquoi avoir introduit des communications sur l'utilisation de l'ordinateur dans la création artistique dans un séminaire sur l'allocation spatiale ?... Ces interventions ont été faites par les membres du groupe Art et Informatique de l'Université de Vincennes qui, comprend des artistes plasticiens, des musiciens, des poètes ainsi que deux jeunes architectes faisant partie également du groupe Informatique organisateurs du séminaire sur l'allocation spatiale.

Comme les chercheurs travaillent dans le domaine de l'allocation spatiale, les artistes plasticiens de ce groupe sont principalement intéressés par la mise au point de procédures de composition d'éléments bi-dimensionnels. Si les objectifs diffèrent, les algorithmes et les programmes formalisant des processus de conception semblables, présentent de fortes analogies.

Les travaux présentés concernent d'une part des programmes d'apprentissage permettant la modification des ensembles en cours de composition, d'autre part, des études d'effets visuels obtenus par la variation de la distance, de la luminance, de la surface ou de la teinte.

Notes méthodologiques en Architecture et Urbanisme n°2, Centre M.M.I. - Institut de l'environnement — Nov. 1973 - p. 281 à 306

LE GROUPE ART ET INFORMATIQUE DE VINCENNES

Le groupe Art et Informatique a été formé en 1969 dans le cadre du Département d'Informatique de la Faculté de Vincennes (Université Paris VIII), en liaison avec les départements de Musique et d'Arts Plastiques.

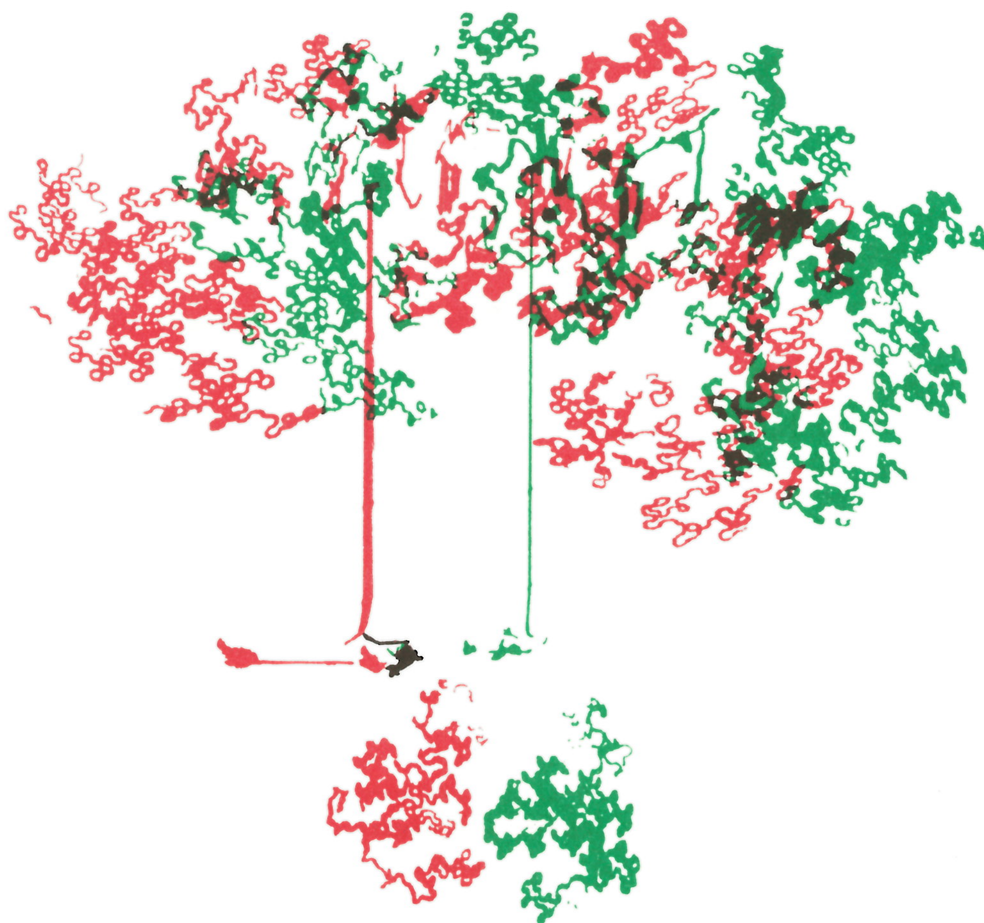
Il regroupe des artistes plasticiens, musiciens, architectes et poètes autour d'une activité commune et d'outils communs : la programmation et les ordinateurs de la Faculté. Ceci explique une des caractéristiques fondamentales du groupe qui est que le travail de conception ou d'analyse d'une part, le travail de programmation d'autre part, ne sont pas séparés en des mains différentes : il n'y a pas à Vincennes des artistes et des informaticiens, mais des artistes-informaticiens, ce qui fonde un type de pratique très particulier.

Dès 1969, donc bien avant la publication de la célèbre lettre de F. Nake, il nous est apparu clairement que les principales directions prises par le Computer Art n'offraient pas de réponses satisfaisantes à la question de savoir si l'emploi d'ordinateurs pouvait apporter des renouvellements durables dans les domaines artistiques.

Les plus grands efforts devaient donc être fournis dans un indispensable travail d'analyse et de formalisation. Ce travail porte, après retour au niveau des perceptions, sur la formulation de vocabulaires de base et d'algorithmes élémentaires d'assemblage, ainsi que sur l'élaboration de modèles adéquats (donc très locaux) des processus de composition ; la programmation intensive, la plus élaborée possible, de ces algorithmes et de ces modèles permet secondairement la vérification des hypothèses de travail et en assure le renouvellement constant. Ceci débouche naturellement sur la conception de langages spécifiques, capables d'évolution et susceptibles d'engendrer chacun un univers d'oeuvres.

Il est apparu peu à peu que les modèles trouvés et les questions posées étaient assez semblables à ceux qui sont traités par la programmation heuristique et par les recherches en robotique. Un assez grand nombre de techniques employées en Intelligence Artificielle sont donc couramment utilisées par les membres du groupe.

Des résultats satisfaisants commencent à apparaître dans les domaines de la couleur, des processus de composition musicale, et de la conception en architecture.



Légende – «La courbe du Dragon», H. Palmier et P. Greussay

On peut noter, parmi les sujets ayant donné quelques résultats à ce jour :

- la composition colorée, que ce soit sous sa forme picturale ou temporelle (films, écran cathodique couleurs, environnements lumineux) par Jacques et Fanie Dupré, Hervé Huitric, Jean-Claude Halgand, Monique Levy ;

- la construction de modèles de perception visuelle par Pierre-Louis Neumann et Yves Devillers ;

- la construction de langages de programmation orientés sur la composition musicale et l'élaboration d'une théorie linguistique formelle de l'analyse musicale par Patrick Greussay ;

- la composition musicale et l'élaboration de modèles de situations d'improvisation musicale par Jacques Arveiller et Philippe Menard ;

- l'analyse mathématique d'effets poétiques par Yves Lecerf, ou la recherche de corrélations entre arts plastiques et poésie par Jean-Claude Marquette;

- la formalisation de problèmes de conception architecturale par Sonia Charalambides, et Gilles Lafue.

Ces différents sujets ont donné lieu à la publication de nombreux articles dans des revues scientifiques ou artistiques, ainsi qu'à l'organisation d'expositions (Zagreb 1971, Le Havre 1972, Vitry sur Seine 1972, Paris 1972 et 1973) et de concerts (Paris 1971, Le Havre et Paris 1972). Il faut citer pour finir le fait qu'à côté de sa fonction de recherche, le groupe dispense une intense activité pédagogique dans différents départements de l'Université Paris VIII et organise des séminaires d'été ouverts à tous. Une publication régulière, *Artinfø-Musinfø*, contenant des programmes commentés et des articles, est éditée par le groupe.

PROPOS SUR LA COMPOSITION AUTOMATIQUE D'OEUVRES PLASTIQUES

par Jacques Dupré.

Le temps des balbutiements du "Computer Art" n'est plus. On voit maintenant que l'on peut considérer certains automates comme des artistes ; ou plutôt, qu'un artiste peut concevoir des automates qui produisent des oeuvres d'art, plus généralement des algorithmes, plus généralement des langages plastiques.

L'ordinateur permet donc ce déplacement de l'acte créatif vers la conception globale d'oeuvres ou de familles d'oeuvres. Mes programmes actuels utilisent l'idée d'un "robot-pinceau" qui évolue réellement en deux dimensions dans un environnement constitué par ses traces colorées antécédentes. Formes et couleurs se schématisent par ses déplacements et le contenu de ses traces qui sont des "mots" d'un langage traduisant des expressions comme : très étalé dans les rouges - pointu dans les bleu-vert - contrasté entre pourpre et jaune-vert à dominante pourpre et à dominante claire.

Une dialectique s'engage entre cet esclave et son maître qui conduit à l'apprentissage du langage en train de se créer ; le point de vue formel n'est qu'apparent et sert de support comme toute syntaxe. Disons simplement que j'ai un gros pinceau évolué qui parfois me semble intelligent et me montre ce que j'ai envie de voir... Alors je signe.

Fanie Dupré

Peindre en utilisant un ordinateur, c'est évidemment d'abord chercher à formaliser ce qu'on a envie de faire. Ou créer une formalisation, laquelle donnera certains résultats, au vu desquels on continuera ou non dans la voie engagée.

Je cherche donc à insérer dans mes programmes certaines structures d'oeuvres, portant d'une part sur les teintes, d'autre part sur les valeurs. Celles-ci sont pour l'instant établies essentiellement à l'aide de règles de succession, du type graphes, c'est-à-dire, en ce qui concerne le plan, des contraintes de juxtaposition.

Une voie de recherche consiste à considérer les premiers éléments créés de façon relativement simple comme des sujets à restructurer, pour arriver à un niveau de création plus complexe.

Une autre voie, qui rejoint dans son esprit la précédente, sera de programmer un processus d'analyse de l'oeuvre fabriquée et de la modifier selon certains critères choisis par l'auteur. On pourrait ainsi, à la limite, peindre un tableau en évolution constante, donc y introduire le mouvement.

PEINTURE, ORDINATEUR
par Jean-Claude Halgand

L'emploi de l'ordinateur signifie avant tout écrire un programme. Si les résultats de ce programme s'expriment en couleurs, formes, et si ces calculs portent sur des harmonies : appelons cela un automate coloriste.

Un programme s'interpose maintenant entre la réalisation de l'oeuvre et l'idée de l'artiste (idée transposée écrite en terme de fonction). AL, DIM, programme écrit en ALGOL, me permet de définir et d'utiliser un "langage" spécialisé à la construction d'oeuvres colorées en deux dimensions.

Ce "langage" facilite le maniement et la combinaison d'objets colorés. Une partie du langage (définition) sert à initialiser ces objets (leur attribuer une forme et une couleur), les faire évoluer dans le temps selon la combinatoire voulue par l'artiste ou le programmeur.

Une deuxième partie (utilisation) permet de suivre ce qui se passe à l'intérieur de l'image ou image par image, et d'intervenir pendant le processus combinatoire pour transformer ou redéfinir d'autres objets colorés en d'autres règles d'évolution de ces objets.

Ce système permet donc la description d'harmonies colorées évolutives.

La couleur est définie par cinq paramètres selon un procédé additif. Une première gamme de quarante-huit teintes permet de recouvrir le cercle chromatique ; une autre illimitée sera établie soit par le programme, soit par l'artiste ou le programmeur en donnée.

Celle-ci pourra être modifiée par le système lui-même afin de parfaire l'harmonie qu'il essaie de construire.

Le but poursuivi est une approche de la formalisation d'harmonie colorée.

L'emploi d'un outil tel que la combinatoire n'est pas entièrement satisfaisant, mais représente un premier pas vers l'emploi de méthodes heuristiques d'un maniement plus délicat en programmation, mais plus adapté à une demande créatrice.

DISTANCE, TEXTURE ET VIEILLES DENTELLES

par Hervé Huitric et
Monique Nahas

Dans nos études sur les séries continues à luminance constante, nous avons été conduits à introduire une notion de "distance optique" entre ce que nous appelons les éléments de base (qui sont simplement des carrés de même grandeur sur lesquels sont répartis aléatoirement des points colorés).

Quels sont les facteurs qui permettent de reconnaître que deux éléments sont "voisins" pour la perception visuelle ou au contraire, "lointains" ? Qualitativement, on comprend que deux éléments seront d'autant plus lointains qu'il existe un contraste plus saisissant entre eux. Pour tenter de préciser quantitativement ce phénomène, nous avons d'abord fait une approximation qui consiste à n'envisager que les facteurs d'ordre statistique, au sens suivant : on remarque que la perception visuelle est une fonction continue des pourcentages des différentes couleurs dans chaque élément de base, ainsi que de la luminance de ces éléments. Effectivement, deux éléments de luminance globale voisine, comportant des pourcentages de couleurs peu différents sont voisins visuellement : l'oeil glisse d'un élément à l'autre comme dans le cas particulier d'un dégradé. Le plus simple est alors de prendre comme distance entre deux éléments la distance "euclidienne" classique qui traite symétriquement les différentes couleurs. Les éléments dont la distance est plus petite qu'une certaine valeur - déterminée empiriquement - forment une classe colorée relativement homogène.

Toutefois cette notion de distance géométrique ne suffit pas. On peut le voir sur les variations continues dans le plan (en vert et bleu) : les éléments sont à égale distance géométrique du centre, et néanmoins on a une impression globale non symétrique - ils ne sont donc pas à la même "distance optique" ou visuelle. D'autres facteurs doivent être pris en considération si l'on veut essayer de définir deux ensembles visuellement à la même distance.

Il est remarquable que des questions tout à fait analogues aient été posées par des psychologues depuis longtemps. Ainsi, dès 1965, B. Julesz {1} se sert des répartitions aléatoires de points - réalisées au moyen d'ordinateurs - pour étudier les propriétés de discrimination dans le plan et l'espace de la perception visuelle. Il voyait dans l'aléatoire le moyen de réduire les références culturelles de dissocier ainsi les mécanismes primitifs de la perception de ceux, plus complexes, qui dépendent du conditionnement socio-culturel.

B. Julesz met en évidence que ce ne sont pas uniquement les pourcentages des points de chaque couleur qui sont signifiants. Il émet l'hypothèse d'un processus primitif de la vision qui consiste à former des regroupements particuliers ("cluster") pour la vision. Ainsi, sur un fond en moyenne gris (formé de points blancs, noirs et gris), des triangles noirs se détachent nettement, alors que des triangles de même étendue et de même forme, composés de points blancs, noirs et gris, passent totalement inaperçus. (Mais on peut se demander quels critères pourraient permettre d'isoler des points blancs, noirs et gris : est-ce que l'oeil est incapable de les percevoir comme formant une unité parce qu'il n'a pas de critère objectif pour cela ? ou bien est-ce qu'il n'y a pas de critère objectif parce que l'oeil est incapable etc... ? B. Julesz est probablement pour la seconde branche de l'alternative puisqu'il prétend avoir isolé l'oeil de toutes références culturelles. Il semble tout de même plus raisonnable d'y voir un nouvel avatar du problème de l'antériorité de l'oeuf et de la poule. Les apprentissages psychologiques moteurs et visuels du nourrisson sont simultanés. "L'oeil" reconnaît des unités et le "cerveau" distingue des concepts de façon concomitante).

Reste qu'il est intéressant d'explorer à quoi aboutit ce processus culturel au niveau de la perception visuelle. Par exemple, B. Julesz remarque qu'un ensemble de points rouges et jaunes (les deux couleurs ayant même luminosité) forme une unité orange, alors que des points rouges et verts (de même luminosité que les précédents) ont une structure granulée ; c'est une juxtaposition d'unités. Cependant B. Julesz n'entreprend pas une analyse précise de ce mécanisme.

Dans le langage usuel des peintres (Cf. par exemple J. Itten {2}), on pense à des effets d'addition optique et surtout de contrastes. Pour qu'une unité colorée se forme, il faut des conditions de proximité, en teinte et en luminance, pour un ensemble suffisamment important des constituants. La nature plus ou moins restrictive de ces conditions dépend du contraste avec le reste de la structure.

Pour caractériser les éléments colorés on a besoin d'une nouvelle notion qu'on peut appeler la texture. Il serait agréable de pouvoir comparer deux textures arbitraires en construisant une distance qui inclue cette notion. Ainsi, on peut essayer de caractériser la texture par certains facteurs comme l'étendue des "unités", leur fréquence statistique, leur contraste sur le fond. Il n'est toutefois pas évident que ces facteurs soient suffisants pour comparer des textures très différentes, même si, à notre avis, ils peuvent nous permettre d'étudier des propriétés de déformation des textures. (Certaines textures seront plus stables

que d'autres sous l'effet de petites perturbations). Dans une perspective d'art cinétique, il nous semble important d'étudier ces phénomènes de déformation de texture. Leur analyse est indispensable si l'on souhaite entreprendre une simulation de certaines caractéristiques de la perception visuelle au moyen de l'ordinateur.

Références :

{1} JULESZ (B) : *Scientific american* - February 1965. "Texture and visual perception".

{2} ITTEN (J) : *Art de la couleur* - Ed. Dessain et Tolra, 10 rue Cassette, Paris.

ETUDE DE SERIES CONTINUES

par Monique Nahas et
Hervé Huitric

Dans cet article, nous présentons le cadre formel de notre travail actuel sur la couleur. Il ne s'agit pas d'une théorie de la couleur, mais simplement d'un système de référence qui a l'avantage d'être explicitable, résoluble facilement et suffisamment riche pour permettre une grande diversité.

Le point de départ de ce système a été de faire abstraction de la composition et de s'intéresser à des familles colorées formées par addition optique à partir de composants élémentaires (c'est ce que l'on appelle "les éléments atomiques"). On a même fait en premier lieu abstraction de la notion de teinte, et on s'est intéressé aux familles de couleurs qui donnent par addition optique le même gris (on réintroduit le facteur teinte ultérieurement). Ce gris est caractérisé par un paramètre, son "facteur de diffusion" ou "luminance" qui représente le pourcentage du flux lumineux qu'il réfléchit.

Une fois choisi un certain nombre de couleurs de base, les éléments atomiques à partir desquels on composera les familles sont caractérisés par les pourcentages de ces couleurs. La seule contrainte est que ces éléments possèdent la luminance désirée. (Bien entendu l'expression "couleur de base" ne signifie pas que ces couleurs ont un caractère intrinsèque plus fondamental que d'autres. Elle signifie simplement qu'on les a choisies comme ingrédient de fabrication. En principe, la richesse du modèle ne dépend pas des couleurs choisies, mais plutôt du nombre de ces couleurs. Ce n'est pas tout à fait vrai dans les réalisations pratiques usuelles où l'addition optique ne peut pas être parfaite).

Les éléments atomiques peuvent être réalisés de différentes façons qui interviennent bien évidemment sur le caractère de leur composition ultérieure. Avant d'entrer dans la description précise du modèle, donnons une description rapide des modes de réalisation choisis :

- Dans une première série de travaux, les éléments atomiques sont des surfaces données sur lesquelles sont répartis aléatoirement des points colorés, de façon à respecter les pourcentages de couleurs et obtenir une bonne addition optique. Cette répartition est déterminée par un programme. Les "points" sont des petits carrés peints directement suivant les instructions de l'ordinateur.

- Les points sont remplacés par des lignes.

- Dans un dernier type de travaux, ces éléments sont réalisés sur des cartes perforées. Cette dernière partie est la plus complexe du fait de l'introduction de nombreux paramètres supplémentaires (rapport fond/carte perforée). Nous ne nous occuperons pas, dans cet article, de la troisième partie.

1 - DETERMINATION DES ENSEMBLES COLORES DE MEME LUMINANCE

- On fait l'hypothèse suivante, assez bien vérifiée en pratique : les luminances s'ajoutent proportionnellement aux pourcentages des couleurs correspondantes (1). En d'autres termes, la luminance d'une surface formée par exemple de trois couleurs A, B, C, dont les luminances spécifiques sont respectivement $\lambda_A, \lambda_B, \lambda_C$, et dont les pourcentages dans la surface sont respectivement x_A, x_B, x_C, est donnée par :

$$\lambda = x_A . \lambda_A + x_B . \lambda_B + x_C . \lambda_C$$

Cette hypothèse sera d'autant plus vérifiée que l'on est dans de meilleures conditions d'addition optique : c'est ce qui justifie le choix de nos réalisations, en particulier de la première.

- Considérons un ensemble de n couleurs réparties sur une surface donnée, et appelons x_1 le pourcentage de la couleur 1, et λ_1 la luminance de la couleur 1. Les éléments atomiques que nous cherchons à déterminer sont caractérisés par les valeurs de ces pourcentages x_1. Si l'on souhaite que la luminance de l'ensemble soit une certaine valeur λ , les pourcentages désirés sont les solutions des équations suivantes :

(1) Et que l'on peut justifier en admettant que l'on travaille à éclairement constant : les flux lumineux qui s'ajoutent entre eux sont alors proportionnels aux surfaces diffusantes.

(1) $$\sum_{i=1}^{n} x_i . \lambda_i = \lambda$$

(2) $$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1$$

(3i) $$0 \leqslant x_1 \leqslant 1$$

L'équation (1) exprime l'hypothèse d'additivité des luminances proportionnellement aux surfaces.
Les équations (2) et (3i) sont nécessaires (et suffisantes) pour assurer que les nombres x_i calculés à partir de (1) peuvent s'interpréter comme des pourcentages;

- Une solution de ce système est formée par l'ensemble de n pourcentages (x_1, x_2,...,x_n) que l'on peut représenter par un point de l'espace vectoriel R^n. D'après les équations (1) et (2), l'ensemble des solutions est une variété linéaire de dimension n-2 dans R^n (c'est-à-dire qu'on peut la décrire au moyen de n-2 paramètres) et d'après les inéquations (3i), c'est aussi l'intersection de cette variété avec un cube unité de R^n. En général, une telle intersection n'existe pas toujours, cela dépend des valeurs choisies pour λ_i et λ.

- *Exemples*

Si l'on prend seulement deux couleurs, les équations (1) et (2) déterminent un point (x_1,x_2) de R^2 (variété de dimension 0). Il n'y a de solution pour (3i) que si λ est compris entre les deux luminances λ_1 et λ_2.

Dès que le nombre de couleurs est supérieur à deux, il y a des ensembles continus de solutions possibles. Le cas de trois couleurs a l'avantage de bien se représenter géométriquement : une solution (x_1,x_2,x_3) est un point de l'espace vectoriel usuel R^3.Les équations (1)et(2) déterminent dans ce cas une droite et l'ensemble des solutions, s'il existe, est le segment de cette droite contenu dans le cube construit sur (0,1).

- *Résolution générale*

Elle est assurée par un programme général (J.Ridard, B.Lévy) pourvu que l'on soit dans les conditions d'existence des solutions. En fait, celles-ci sont

assurées dès que :

$$\min_i \lambda_i < \max_i \lambda_i$$

L'ensemble des solutions se présente sous la forme suivante :

$$\begin{array}{lcccl} m_1 & \leqslant & x_1 & \leqslant & M_1 \\ m_2(x_1) & \leqslant & x_2 & \leqslant & M_2(x_1) \\ m_3(x_1,x_2) & \leqslant & x_3 & \leqslant & M_3(x_1,x_2) \\ \vdots & & & & \\ m_{n-2}(x_1,\ldots,x_{n-3}) & \leqslant & x_{n-2} & \leqslant & M_{n-2}(x_1,\ldots,x_{n-3}) \end{array}$$

Pour les deux dernières couleurs, x_{n-1} et x_n sont calculés à partir des équations (1) et (2) en fonction des x_k, $k = 1,\ldots,n-2$.

Les pourcentages x_k peuvent donc être choisis arbitrairement à l'intérieur de deux bornes, une borne inférieure m_k et une borne supérieure M_k calculées par le programme. Ces bornes dépendent des choix des pourcentages x_i - $i = 1,\ldots,k-1$. On voit donc que l'ordre de résolution du système (le choix des couleurs numéro 1, 2, etc..) constitue un degré de liberté pour le modèle.

II - LE MODELE

On a choisi 6 "couleurs" : rouge, jaune, bleu, vert, blanc et noir. Le choix des luminances correspondantes se fait suivant une échelle logarithmique comme cela est expliqué dans la référence (1).

Luminance des couleurs saturées :

Blanc	:	95
Jaune	:	50
Rouge	:	30
Vert	:	20
Bleu	:	15
Noir	:	5

Le système aura donc des solutions dès que :

$$5 \leqslant \lambda \leqslant 95$$

Les propriétés de continuité

Une solution $(x_1,\ldots,x_n)$ caractérise donc un élément de base. Comment assembler ces éléments ? Dans un premier type de travaux, on a choisi essentiellement de jouer sur des propriétés de continuité (ce qui est rendu possible par la structure de l'ensemble des solutions). Plus précisément, on part de la constatation naïve que l'impression produite par deux éléments de base est d'autant plus semblable que les différences entre les pourcentages correspondants sont plus faibles : cette "impression" est une fonction continue des pourcentages x_1, $x_2,\ldots,$ x_n (1).

Distance entre les éléments

On peut introduire une notion de distance entre deux éléments de base, ce qui permet de parler de façon précise d'éléments de base proches ou lointains.

La distance la plus classique entre deux éléments A et B caractérisés par les pourcentages $(x_1^A, \ldots, x_n^A)$ et $(x_1^B, \ldots, x_n^B)$ est donnée par :

$$d = \left[\sum_{i=1}^{n} (x_i^A - x_i^B)^2\right]^{1/2}$$

Deux éléments seront voisins si leur distance est inférieure à une quantité choisie : en pratique, par exemple, $d \leqslant 10\ \%$ assure une très bonne proximité ; on peut aller en fait beaucoup plus loin.

D'un point de vue moins mathématique, on peut s'attendre à ce qu'une variation, même légère, de blanc, ne joue pas le même rôle qu'une variation identique de noir. Dans une petite perturbation, l'impression produite dépend en fait de la luminance de l'ensemble perturbé et des luminances des couleurs qui varient. Pour en tenir compte, la distance entre deux éléments doit comprendre des fonctions $\Phi_i(\lambda) > 0$:

$$d = \left[\sum_{i=1}^{n} \Phi_i(\lambda)(x_i^A - x_i^B)^2\right]^{1/2}$$

(1) Notons que la perception est également une fonction continue de λ, ce qui s'observe dans les dégradés d'une teinte donnée, mais on ne s'intéresse ici qu'à des variations à luminance constante.

Bien que cette distance soit "équivalente" à la précédente (1), elle peut permettre de définir des voisinages plus réguliers pour l'impression visuelle.

Séries continues

Principe : on assemble les éléments atomiques en suivant un chemin (2) dans la variété des solutions. Les éléments atomiques sont des points sur ce chemin, chacun étant choisi dans un voisinage du point précédent (c'est-à-dire à une distance du précédent inférieure à une certaine distance donnée). Si ces éléments sont disposés suivant une ligne, on obtient un passage continu du premier élément au dernier (analogue à ce qui se passe dans le cas d'un dégradé, mais ici il s'agit de transformation à luminance constante). Cette ligne pourra être ensuite déformée de différentes façons : dans une série de travaux, les éléments sont assemblés suivant une spirale, dans d'autres, suivant une structure en zigzag. On donne ainsi une impression de mouvement.

On voit qu'on dispose d'une infinité de manières pour construire ce chemin. Une façon simple est de l'associer au mouvement d'une couleur déterminée, comme c'est le cas dans l'exemple suivant : si la luminance globale est fixée à $\lambda = 30$, on voit que le domaine de variation possible pour le rouge est le plus large possible : tous les pourcentages entre 0 et 1 sont autorisés. On choisit l'ordre de résolution du système de telle sorte que la couleur numéro 1 soit le rouge.

Pour les autres couleurs, on choisit la valeur moyenne, à savoir :

$$x_j = \frac{m_j + M_j}{2}$$

(1) Toutes les distances sur $\mathbb{R}^n$ sont équivalentes, c'est-à-dire qu'il existe des nombres a et A positifs tels que :

$$a d_1(x,y) \leqslant d_2(x,y) \leqslant A d_1(x,y) \qquad \forall\, x,y \in \mathbb{R}^n$$

(2) C'est-à-dire que tous les pourcentages x_i dépendent d'un même paramètre pouvant varier continuement. Dans la suite, on choisit comme paramètre un pourcentage donné, mais on pourrait faire un autre choix et, par exemple, introduire un paramètre qui représenterait le temps.

(les deux dernières couleurs sont toujours déterminées). Bien que ce choix dépende de l'ordre de résolution pour les couleurs, il assure une contribution assez homogène (ni très grande, ni très petite) de toutes les couleurs. On décrit le chemin en faisant progresser le rouge de 0 % à 100 % par pas réguliers, par exemple de 5 %. On obtient ainsi un passage continu à luminance constante, d'un état purement rouge à un état ne contenant aucun rouge. Les séries continues sont toutes construites selon ce principe.

Variations continues dans le plan

Au lieu de faire une variation continue suivant un chemin, on peut faire une variation continue dans le plan (et, de la même manière, dans l'espace ou dans le plan et le temps). De la même façon que sur le chemin, chaque point (c'est-à-dire chaque élément atomique solution) est "voisin" des deux points qui l'entourent, on peut demander que les éléments de base soient répartis dans un plan de telle sorte que chaque élément soit voisin de tous ceux qui l'entourent.

Pour préciser, soient (x,y) les coordonnées d'un point de repère d'un élément atomique ; on demande que les éléments qui l'entourent (les 8 éléments suivants : x±1, y±1),(x±1,y),(x,y±1)) soient optiquement voisins. On a choisi un modèle simple où l'on fait varier deux couleurs suivant les deux axes du plan, les autres couleurs sont toujours déterminées par leur valeur moyenne.

Notons qu'il est possible de réaliser des séries continues ou des variations continues dans le plan où la luminance, bien que constante dans certaines zones, puisse avoir certaines variations. Dans ce cas, deux éléments seront dits optiquement voisins si la distance suivante :

$$d = \left[\sum_{i=1}^{n} (x_i^A - x_i^B)^2 + (\lambda_A - \lambda_B)^2 \right]^{1/2}$$

est plus petite qu'une certaine valeur d_o déterminée en fonction de la proximité désirée.

III - LA NOTION DE TEINTE

Jusqu'à présent on a fait en principe abstraction de la notion de teinte ; celle ci se réintroduit cependant dans le choix de variations continues où progresse une couleur : on peut passer continuement d'une teinte à une autre, à luminance constante.Dans le cas de variations dans le plan on passe continuement d'une zone du plan de teinte déterminée à une autre zone également de teinte déterminée. On réintroduit ainsi la possibilité de contrastes plus ou moins distants.

L'introduction du facteur teinte dans notre modèle ne soulève pas de difficulté de principe : les éléments atomiques ont une teinte déterminée à partir de leurs quatre composantes colorées : le rouge, le vert, le bleu et le jaune. Chaque élément est donc associé à un point du cercle chromatique, ou à un vecteur Oi si O est le centre du cercle (à l'exclusion du blanc pur et du noir pur).

A ce sujet, on renvoie à l'article de J. Dupré (réf.1) où l'on trouvera la formulation d'une structure mathématique liée à ce cercle. Si l'on a des pourcentages x_i des couleurs i, la teinte du mélange est caractérisée par le point sur le cercle obtenu en faisant l'addition vectorielle des vecteurs $x_i.\overrightarrow{Oi}$ et en prenant l'intersection du vecteur obtenu avec le cercle.

Pour exprimer le résultat, introduisons un axe arbitraire sur le cercle chromatique $\overrightarrow{Ox}$.

La teinte de la couleur i est caractérisée par l'angle ϕ_i de $\overrightarrow{Oi}$ avec $\overrightarrow{Ox}$.

Alors la teinte de l'élément atomique comprenant x_i % de la couleur de teinte i (et quels que soient les pourcentages du noir et du blanc qui le composent) correspond à l'angle ϕ donné par :

$$\cos \phi = \sum_{i=1}^{4} x_i.\cos\phi_i \ / \ (\sum_i x_i^2 + \sum_{i\neq j} x_i x_j \cos(\phi_j - \phi_i))^{1/2}$$

(1)

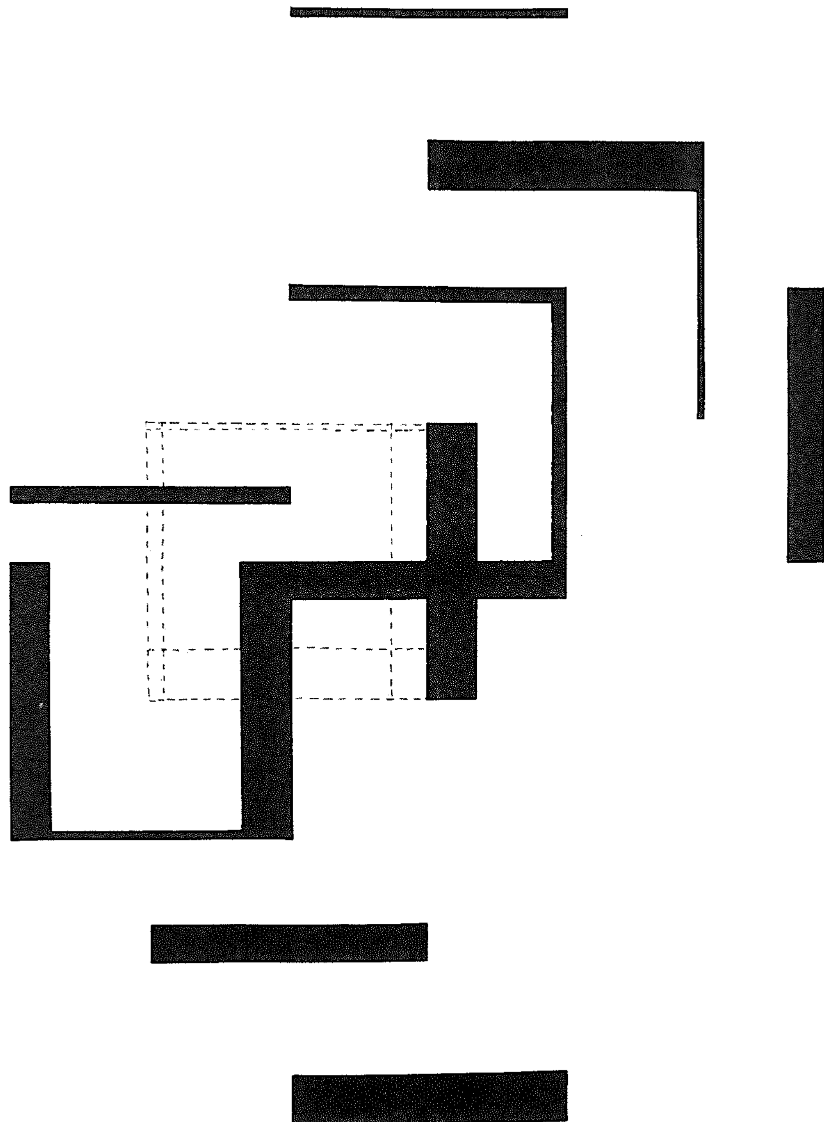
$$\sin \phi = \Sigma\, x_i.\sin \phi_i \ / \ (\sum_i x_i^2 + \sum_{i\neq j} x_i x_j \cos(\phi_j - \phi_i))^{1/2}$$

Le plus simple est alors de choisir 4 couleurs 2 à 2 complémentaires et, si possible, à angle droit sur le cercle ; on obtient facilement la teinte du mélange correspondant.

Réciproquement, à une teinte déterminée correspond toute une famille d'éléments atomiques de même luminance (qui n'est jamais vide). Il est donc possible de calculer des sous-ensembles de teinte et de luminance données. La caractérisation des classes d'éléments de même teinte se fait à partir des équations (1). En particulier, on peut déterminer les éléments de la classe correspondant à une teinte complémentaire d'une teinte donnée (ϕ – $\Pi + \phi$). (On peut se demander à ce sujet s'il est possible de "relever" la notion de complémentaire de façon convenable, c'est-à-dire d'associer à un élément atomique donné un complémentaire bien défini et non plus une classe. Cela ne semble pas possible d'une manière naturelle en restant dans le cadre d'une luminance constante).

Revenons aux séries continues : on voit à partir des relations (1) que des éléments atomiques de luminance donnée, voisins au sens explicité au paragraphe 2, sont également voisins en teinte. Une série continue correspond donc aussi à un passage continu de teintes. Réciproquement, si on se donne deux teintes, il existe toujours un chemin continu pour passer de l'une à l'autre à luminance constante, et de même des passages continus dans le plan.

(1) Jacques DUPRE : "Une formalisation des couleurs" in *Artinfø/Musinfø* n°12 et 13.



Légende — Programme de définition d'un espace compréhensible, P.L. Neumann

NOTES SUR LE COMPUTER ART

par Pierre-Louis Neumann

On peut essayer de donner une définition de ce que l'on appelle le Computer Art en regardant comment fonctionne, dans le cas le plus simple, un procédé de création par ordinateur.

On y distingue en effet trois étapes :

1 - Une idée
2 - Un programme
3 - Un résultat

A priori, pour un plasticien, avoir une idée de programme pourra se schématiser par le fait qu'il aura une représentation visuelle de ce qu'il voudrait que l'ordinateur lui produise. Le programme sera donc écrit à partir de cette idée, de ce *modèle*. Il est important de remarquer ici la notion de modèle. En effet, le premier travail de ce plasticien, avant même d'écrire ce programme, sera de cerner de façon très rigoureuse ce qu'il veut faire ; c'est-à-dire qu'il devra préciser à partir d'un certain état de départ, dans quel ordre et sous quelles conditions les étapes de son "idée" devront s'exécuter. Le résultat du programme permettra de vérifier si l'objet final correspond bien au but recherché : dans ce cas l'artiste pourra sous-titrer cet objet : oeuvre faite par ordinateur "Computer Art". Dans le cas contraire, c'est-à-dire si le résultat obtenu n'est pas satisfaisant, soit par suite d'une erreur de logique ou bien à cause d'une formulation inadéquate, le programmeur modifiera son programme ou reconsidérera son idée de départ. Un autre point est à noter en ce qui concerne le fait que l'artiste soit aussi un programmeur ; en effet tout informaticien, qu'il soit mathématicien, peintre ou musicien, utilisera les mêmes principes logiques de programmation. Or à ce niveau, il me semble que l'on peut parler d'une communication : communication entre toutes ces personnes ayant une même "praxis".

En conclusion de cette première analyse, l'utilisation d'un ordinateur dans le domaine artistique ne serait donc qu'un moyen permettant, non seulement de préciser ses idées, de communiquer, mais aussi de produire des objets.

Je ne pense pas que l'on puisse résumer le Computer Art comme étant uniquement une simple production d'objet à l'aide d'un ordinateur.

En particulier, "un programme artistique" peut être plus qu'un simple moyen d'exécution. Ainsi par exemple, dans le domaine de ce que l'on appelle l'Intelligence Artificielle, un programme est conçu et écrit, à la limite, comme un processus autonome. De tels programmes, dits de simulation de processus humains, existent et fonctionnent ; ce sont par exemple un système de déduction, un analyseur sémantique, un analyseur musical.

A mon avis, une activité Art et Informatique devrait se tourner vers de telles propositions et tenter cette approche.

ART ET INFORMATIQUE COMME UNE ACTIVITE

Tout d'abord, considérons une démarche artistique dans laquelle l'objet n'est que l'expression d'un concept ; c'est-à-dire où l'idée doit être plus importante que son exécution. L'oeuvre n'aura donc d'intérêt que pour son contenu : "Mentalement intéressante pour le spectateur" (1).

A partir de là, je voudrais critiquer plusieurs points de l'analyse précédente en donnant comme exemple un de mes programmes "Analyse II".

Comprendre un objet, c'est établir des relations entre ses éléments. En partant de cette hypothèse, j'ai conçu un programme simulant un processus par lequel un spectateur attentif pourrait analyser un objet ; c'est-à-dire en découvrir un système, une intention, et donc de comprendre. Il est bien entendu que je ne parle ici, comme je l'ai précisé plus haut, que d'une certaine forme de "proposition artistique" : la forme n'est qu'un moyen par lequel s'exprime l'intention.

Le programme sera le processus d'analyse et non une optimalisation de ce processus. On pourra en effet l'écrire d'une manière telle que, tout en respectant l'approche du processus, il soit rendu opérationnel dans le sens "exécution stricte" : sans aucune méthode de résolution se rapprochant d'une stratégie humaine.

D'autre part, si le programme analyse et comprend un objet, il n'est pas faux de dire que, par le chemin inverse, il pourra organiser un certain nombre d'éléments d'une manière signifiante.

(1)SOL LE WITT

Puisqu'il ne s'agit pas d'une analyse structurale, mais plutôt d'une analyse sémantique, les informations concernant ce dessin ne seront pas transmises au programme sous la forme d'une image, mais sous la forme d'une description, telle que par exemple : l'élément A est un carré de quatre cases, et l'élément B est un carré de deux cases.

En outre, le programme comportera un système de déduction lui permettant d'établir des relations du type : A est le double de B, ou B est parallèle à A. Le processus se déroulera ensuite par construction de modèles, groupement d'objets et résolution d'ambiguïté. Le résultat, dans le cas d'une analyse possible, se présentera donc sous la forme d'une suite de tous les éléments de l'objet, sans omission ni répétition, ainsi que les relations établies justifiant cet ordre.

D'autre part, et c'est ici le point important, ce programme pourra tester mes propres propositions artistiques : autrement dit, il vérifiera si mes intentions sont compréhensibles et s'il y a lieu, exhibera d'autres interprétations possibles.

On voit donc ici apparaître une autre forme de travail avec un ordinateur. Un "Computer objet" ne serait pas le résultat d'un programme, mais d'un travail *commun entre* le créateur et le programme.

Un dessin conçu et réalisé "à la main" par un artiste, "en coopération" avec un programme simulant, à la limite, entièrement ce créateur, peut être une des formes possibles du Computer Art.

Pour cela, et c'est personnellement mon attitude, un "Computer artiste" devrait non seulement être un artiste "à part entière", mais aussi un informaticien exerçant.

Les résultats d'une telle pratique pourront aboutir à un objet produit par programme, à un objet produit par l'artiste *et* un programme, ou à un programme.

Le Computer Art est autant une activité artistique qu'informatique.

MANIFESTATIONS PUBLIQUES DU GROUPE :

1971 - Ont participé au colloque international "Art et Ordinateurs" organisé par la Galerie d'Art contemporain de Zagreb (Yougoslavie) en vue de la préparation de la manifestation internationale Nouvelle Tendance V en 1973.

- Exposition personnelle du Groupe Art et Informatique de Vincennes (GAIV), Galerija suvremene umjetnosti, Zagreb.

1972 - "L'art et les technologies industrielles", Vitry-sur-Seine.

- "Informatique, art, technologie", exposition-animation, Hall de l'Hôtel de Ville, organisée par la Maison de la Culture du Havre.

- Galerie Weiller, Paris.

ELEMENTS BIOGRAPHIQUES DES EXPOSANTS :

Fanie Dupré — Née le 5 février 1944 à Salagnac.
1965-1967, études d'ingénieur à l'ENSI de Grenoble. Licenciée en sciences physiques. Enseigne depuis 1970 l'informatique à Paris VIII. Dans le cadre de l'université, poursuit actuellement des recherches sur des modèles mathématiques applicables à l'Intelligence Artificielle.

Jacques Dupré — Né le 10 mars 1943 à Marseille.
1964-1967, études d'ingénieur à l'ENSI de Grenoble. Moniteur de plongée sous-marine, participe à Marseille, en 1967 à des expériences de plongées profondes et à leurs conceptions. Enseigne depuis 1970 l'informatique à Paris VIII. Dirige actuellement un séminaire de recherche sur la pédagogie de l'art fondée sur l'application de techniques mathématiques.

Hervé Huitric	Né le 7 mai 1945 à Paris. 1963-1969, études à l'Ecole Nationale Supérieure des Beaux-Arts de Paris. Diplôme des Beaux-Arts; 1967 : brevet de natation 50 mètres nage libre. Peintre en bâtiment de 1968 à 1969. 1968-1970, études d'informatique à l'université. Maîtrise d'informatique. Enseigne depuis 1970 l'informatique à Paris VIII.
Patrick Greussay	Né le 30 septembre 1944 à Paris. 1962-1965, études de musique et de philosophie à la Sorbonne. Licencié en Lettres, en Philosophie et en Informatique. 1966-1968, organiste de Rock and Roll. 1968-1969, moniteur de karaté. 1969-1971, enseigne la musique à Paris VIII, puis l'informatique. Dirige un séminaire d'informatique musicale. Elabore des modèles de structures de contrôle orientées vers la composition et l'analyse musicale.
Jean-Claude Halgand	Né le 16 décembre 1944 à Moulin-la-Marche. 1963-1969, études à l'Ecole Nationale Supérieure des Beaux-Arts de Paris. Diplôme des Beaux-Arts. 1968-1970, études d'informatique à l'université. Enseigne depuis 1970 l'informatique à Paris VIII.
Jacques Arveiller	Né le 22 mars 1944 à Monaco. Etudes de médecine et spécialisation en psychiatrie. Licencié en informatique. Musicien. Chargé de cours à l'université Paris VIII (Musique et informatique) depuis 1970. Travaille actuellement sur la composition musicale aidée par ordinateurs et sur l'élaboration de modèles informatiques de situations d'improvisation.
Pierre-Louis Neumann	Né le 28 décembre 1950 à Boulogne-Billancourt. Etudiant à la faculté de Paris VIII en informatique. Trois ans d'études à l'école des Beaux-Arts de Versailles. Un an d'études théâtrales. Deux ans d'études d'informatique.

Monique Nahas

Née le 26 novembre 1940.
Licenciée en Physique. 1961, Recherche en physique mathématique. Thèse d'Etat en 1969. Enseigne en logique à Paris VIII et en physique à Paris VII.
Accouche bientôt.